

POL/CH 99 / 00515

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

09/856833

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 08 NOV 1999
WIPO PCT

#7/
5-17-02

Bescheinigung

Die Bühler AG in Uzwil/Schweiz hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung eines
thermoplastischen Polykondensats"

am 26. November 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole B 29 B und B 29 C der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 14. Oktober 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Weihmayer".

Zeichen: 198 54 689.0

Weihmayer

**Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung eines
thermoplastischen Polykondensats**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung in
5 Form eines Extruder zur Aufbereitung eines thermoplastischen
Polykondensats. Das erfindungsgemäße Verfahren und der
erfindungsgemäße Extruder dient insbesondere zum Rezyklieren
thermoplastischer Polykondensate, wie Polyethylen-
therephthalat, Polyester oder Polyamid.

10 Aus DE 42 08 099 A1 ist bereits ein Verfahren nach dem
Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Extruder nach dem
Oberbegriff des Anspruchs 11 und des Anspruchs 17 bekannt.
Bei dem aus dieser Druckschrift bekannten Verfahren zur
15 Aufbereitung eines thermoplastischen Polykondensats wird das
zerkleinerte Polykondensat einem Extruder im noch festen,
nicht geschmolzenen Zustand, zugeführt. Bei dem Extruder
handelt es sich um einen Zweiwellen-Extruder mit zwei in
einem Gehäuse parallel verlaufenden, dichtkämmenden
20 Gleichdrallschnecken. Das noch feste Polykondensat wird in
einer ersten Aufbereitungszone auf eine Temperatur unterhalb
des Schmelzpunktes erwärmt, so daß niedermolekulare
Bestandteile, insbesondere Wasser, über eine im Gehäuse
vorgesehene Entgasungsöffnung zumindest teilweise entweichen
25 können. Sodann wird das Polykondensat mittels Knetelemente
bearbeitet und aufgeschmolzen. In einer nachfolgenden
Verarbeitungszone wird die Polykondensat-Schmelze einem
verminderten Druck ausgesetzt, so daß noch in der Schmelze
verbliebene niedermolekulare Bestandteile, insbesondere
30 Wasser, zu einem weiteren Anteil über eine Abzugsöffnung
entweichen können. Die Polykondensat-Schmelze wird dann
einem Mischbehälter zugeführt, in welchem die Schmelze durch
Mischwerkzeuge umgewälzt wird. An der sich durch den
Mischvorgang ständig erneuernden Oberfläche können die
35 niedermolekularen Bestandteile weiter ausgasen und aus den
Mischbehälter über einen Entgasungsöffnung entweichen.

Bei diesem bekannten Verfahren ist nachteilig, daß die
Entgasung und Trocknung des Polykondensats im noch festen

- Zustand unvollständig ist, da die bei der Erwärmung freiwerdenden niedermolekularen Bestandteile über die Entgasungsöffnung nur unvollständig entweichen, zumal die Entgasungsöffnung nicht beliebig groß dimensioniert werden kann. In der Verarbeitungszone, in welcher das aufzubereitende Polykondensat zur Entgasung und Trocknung auf eine Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes erwärmt wird, stellt sich daher ein thermodynamisches Gleichgewicht zwischen der Dampfphase der niedermolekularen Bestandteile und den in dem Polykondensat gebundenen niedermolekularen Bestandteilen ein. Die Effektivität der Entgasung und Trocknung ist aufgrund der begrenzten Entweichung der Dampfphase aus der Entgasungsöffnung eingeschränkt.
- Aus der DE 42 31 231 C1 ist ein Mehrwellen-Extruder mit mehreren ringförmig zwischen einem Innengehäuse und einem Außengehäuse angeordneten Schneckenwellen zur Entgasung einer Polykondensat-Schmelze grundsätzlich bekannt. Bei dem aus dieser Druckschrift hervorgehenden Verfahren wird dem Extruder jedoch das Polykondensat im bereits geschmolzenen Zustand zugeführt und eine Entgasung im noch festen Zustand findet nicht statt. Die Effektivität dieses Verfahrens ist daher ebenfalls begrenzt. Zudem erfolgt die Aufschmelzung des Polykondensats in einer von dem Mehrwellen-Extruder getrennten Vorrichtung, was zu einem erhöhten Aufwand führt. Dieses Verfahren ist daher zum Rezyklieren von thermoplastischen Polykondensaten nur bedingt geeignet.
- Der vorliegenden Erfahrung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und einen Extruder zur Aufbereitung eines thermoplastischen Polykondensats zu schaffen, bei welchem die Entgasung und/oder Trocknung des Polykondensats im noch festen Zustand verbessert ist.
- Die Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 und hinsichtlich eines für dieses Verfahren geeigneten Extruders durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 11 oder des Anspruchs

17 jeweils in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen gelöst.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Effektivität der Entgasung und/oder Trocknung des Polykondensats im noch festen Zustand dadurch verbessert werden kann, daß das Polykondensat einem verminderten Druck unterhalb des atmosphärischen Drucks unterworfen wird und/oder ein Inertgas zugesetzt wird. Durch die Druckabsenkung wird der Dampfdruck der niedermolekularen Bestandteile vermindert, so daß diese Bestandteile aus dem noch festen Polykondensat erleichtert ausdampfen. Die Zugabe eines Inertgases bewirkt im thermodynamischen Gleichgewicht die Absenkung des Partialdrucks der unerwünschten niedermolekularen Bestandteile, insbesondere der in dem noch festen Polykondensat gebundenen Wasserbestandteile. Aufgrund des verminderten Partialdrucks können diese unerwünschten niedermolekularen Bestandteile ebenfalls erleichtert aus dem Polykondensat ausdampfen. In diesem Zusammenhang ist der Begriff des Inertgases so verstanden, daß sich dieses in dem Polykondensat nicht oder nur in geringem Umfang anreichert und die Eigenschaften des Polykondensats nicht in unerwünschter Weise verändert. Die Maßnahmen des abgesenkten Drucks und der Zugabe des Inertgases können effektivitätssteigernd auch miteinander kombiniert werden.

Der Erfindung liegt ferner die Erkenntnis zugrunde, daß ein zur Ausführung des vorgenannten Verfahrens geeigneter Extruder gegenüber einem bekannten Extruder so modifiziert werden muß, daß das noch feste Polykondensat über die Entgasungsöffnung nicht entweichen kann. Das Polykondensat wird dem Extruder im festen Zustand in der Regel in Form von Flocken (Flakes) oder Granulat zugeführt, die z. B. aus den rezyklierten Produkten, beispielsweise Einweg-Kunststoffflaschen, durch Zerschneiden oder andere Zerkleinerungsverfahren gewonnen werden. Diese Polykondensat-Flocken bzw. das Granulat sind relativ leicht und können an der Entgasungsöffnung, an der für das erfindungsgemäße Verfahren ein verminderter Druck angelegt

werden muß beziehungsweise über welche das Inertgas strömt, aufgrund des dort herrschenden Druckgefälles entweichen. Ein an der Entgasungsöffnung angeordnetes Sieb oder Filter würde sich in kurzer Zeit zusetzen und ist deshalb nicht geeignet.

5 Die Erfindung schlägt deshalb entsprechend der Lösung gemäß Anspruch 12 vor, bei einem Zweiwellen-Extruder an der Entgasungsöffnung eine Fördervorrichtung vorzusehen, die über die Entgasungsöffnung entweichendes Polykondensat in den Extruder zurückfördert. Diese kann sich an den

10 Schneckenwellen des Extruders selbst reinigen. Alternativ wird entsprechend der Lösung nach Anspruch 18 vorgeschlagen, statt eines Zweiwellen-Extruders einen Mehrwellen-Extruder zu verwenden, bei welchem zwischen einem Innengehäuse und den ringförmig angeordneten Schneckenwellen ein Innenraum

15 und zwischen einem Außengehäuse und den Schneckenwellen ein von dem Innenraum getrennter Außenraum gebildet sind. Das noch feste Polykondensat kann sich dann entweder in dem Innenraum befinden und die Entgasungsöffnung kann mit dem Außenraum verbunden sein, oder das noch feste Polykondensat

20 kann sich umgekehrt in dem Außenraum befinden und die Entgasungsöffnung kann mit dem Innenraum verbunden sein. Die miteinander dichtkämmenden Schneckenwellen verhindern in jedem Fall ein Vordringen der festen Polykondensat-Flocken zu der Entgasungsöffnung. Ein Entweichen der Polykondensat-

25 Flocken über die Entgasungsöffnung wird deshalb verhindert.

Die Ansprüche 2 bis 11 betreffen vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

30 Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere, aber keineswegs ausschließlich, zum Rezyklieren von Polyester, insbesondere Polyethylentherephthalat und Polyamid. Das Polykondensat wird in den Extruder vorzugsweise in Form von Flocken (Flakes) eingebracht, deren

35 Dicke im Mittel kleiner als 1 mm und deren größte Ausdehnung im Mittel kleiner als 20 mm ist. Es ist vorteilhaft, das Polykondensat bereits vor dem Einbringen in den Extruder einem Druck unterhalb des atmosphärischen Drucks und/oder dem Inertgas auszusetzen, um die Effektivität des Verfahrens

weiter zu steigern. Das Polykondensat kann auch vor dem Einbringen in den Extruder bereits auf eine Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Polykondensats erwärmt werden.

5

Nach dem Schmelzen des Polykondensats kann eine weitere Entgasung der Polykondensat-Schmelze erfolgen. Hierbei kann der Polykondensat-Schmelze ein Inertgas, vorzugsweise in kondensierter Form unter einem erhöhten Druck der 10 Polykondensat-Schmelze, zugesetzt werden. Dies führt durch ein Aufschäumen zu einer Vergrößerung der Oberfläche an der Phasengrenze. Das Inertgas vermindert auch hier den Partialdruck der unerwünschten niedermolekularen Bestandteile in der Polykondensat-Schmelze und erleichtert 15 deren Ausgasung. Als Inertgas eignet sich insbesondere Stickstoff, Kohlendioxid oder getrocknete Luft.

Die Ansprüche 13 bis 17 und 19 bis 22 beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen 20 Extruders.

Die Fördervorrichtungen können als Förderschnecken, insbesondere als jeweils zwei dichtkämmende Förderschnecken, ausgebildet sein. Es ist vorteilhaft, wenn die 25 Fördervorrichtungen oder das umgebende Gehäuse beheizbar sind. Dadurch wird eine Kondensation der entgasenden niedermolekularen Bestandteile an der Fördervorrichtung und deren Rückförderung in den Extruder verhindert. Gegebenenfalls kann die Entgasungsöffnung auch mit der 30 Einlaßöffnung zum Zuführen des Polykondensats in den Extruder zusammenfallen und die dort vorgesehene Fördervorrichtung kann gleichzeitig der dosierten Zuführung des Polykondensats in den Extruder dienen.

35 Es ist ferner vorteilhaft, wenn das Gehäuse im Bereich der ersten Förderzone, in welcher das Polykondensat noch im festen Zustand vorliegt, beheizbar ist, um eine schnelle und gleichmäßige Erwärmung des Polykondensats zu gewährleisten.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

5 Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Extruders in einer Längsdarstellung;

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Extruders in einer Längsdarstellung;

10 Fig. 3 einen Querschnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Extruders;

15 Fig. 4 eine geschnittene Halb-Längsdarstellung eines Extruders entsprechend dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel; und

20 Fig. 5 eine geschnittene Halb-Längsdarstellung eines Extruders entsprechend einem gegenüber Fig. 4 modifizierten Ausführungsbeispiel.

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Extruders 1. Der in Fig. 1 dargestellte Extruder 1 ist als Zweiwellen-Extruder ausgebildet. Der Extruder 1 umfaßt ein Gehäuse 2, das aus mehreren Teilgehäusen 2a - 2i modular aufgebaut ist. Die Teilgehäuse 2a - 2i sind miteinander verflanscht. Das erste Teilgehäuse 2a weist eine Einlaßöffnung 3 auf, über welche das aufzubereitende Polykondensat in einem noch festen Zustand vorzugsweise in Form von Flocken (Flakes) dem Extruder 1 zugeführt wird. Das Polykondensat befindet sich in einem Vorratsbehälter 4 und wird über ein Dosiersystem 5 und eine Fördereinrichtung 6 zugemessen. Am Ende des letzten Teilgehäuses 2i befindet sich der Ausgangsflansch 7 mit einer Auslaßöffnung 8, an welcher die aufbereitete Polykondensat-Schmelze austritt.

In dem Gehäuse 2 sind zwei versetzt zueinander angeordnete Längsbohrungen vorgesehen, von welchen in Fig. 1 nur eine

Bohrung 9 erkennbar ist. In jede der beiden Längsbohrungen ist jeweils eine Schneckenwelle 10 eingesetzt, die in Fig. 1 aus Gründen der verbesserten Darstellung außerhalb der zugehörigen Längsbohrung 9 gezeichnet ist. Die 5 Schneckenwellen 10 erstrecken sich von der Einlaßöffnung 3 bis zu der Auslaßöffnung 8. Die beiden Schneckenwellen 10 kämmen dicht miteinander und werden in gleiche Drehrichtung angetrieben.

10 Die Schneckenwellen 10 gliedern sich grob in eine erste Förderzone 11 zum Fördern des Polykondensats im festen Zustand und eine zweite Förderzone 12 zum Fördern des Polykondensats im geschmolzenen Zustand. Zwischen der ersten Förderzone 11 und der zweiten Förderzone 12 befinden sich Knetelemente 13. Während die Förderschnecke 10 in ihrer ersten Förderzone 11 im Bereich der Einlaßöffnung 3 zunächst eine relativ große Steigung aufweist, verringert sich die Steigung in Richtung auf die Auslaßöffnung 8, wodurch das Polykondensat an der Einlaßöffnung 3 relativ rasch 20 eingezogen wird. Die Verweilzeit bzw. das Verweilzeitspektrum des Polykondensats in der ersten Förderzone 11 ist relativ lang, so daß sich das Polykondensat auf eine Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes aufheizen kann. Dazu wird das Gehäuse 2 im 25 Bereich der ersten Förderzone 11 durch nicht dargestellte Heizelemente beheizt. Dadurch können niedermolekulare Bestandteile des Polykondensats, insbesondere Wasser, aus dem Polykondensat im noch festen Zustand ausgasen und über eine Entgasungsöffnung 14 entweichen. Um die Effektivität 30 der Ausgasung der niedermolekularen Bestandteile zu verbessern, wird die erste Förderzone 11 des Extruders 1 einem gegenüber dem atmosphärischen Druck verminderten Druck unterworfen oder es wird mit einem Inertgas gespült. Durch die Verminderung des Drucks in dem Gehäuse 2 wird der 35 Dampfdruck der unerwünschten niedermolekularen Bestandteile verringert, so daß diese niedermolekularen Bestandteile erleichtert ausdampfen. Die Zugabe des Inertgases bewirkt eine Verringerung des Partialdrucks dieser niedermolekularen Bestandteile, so daß die Effektivität der Ausgasung

ebenfalls verbessert wird. Sofern ein Inertgas verwendet wird, kann dieses über eine Inertgas-Einlaßöffnung 15 zugesetzt werden. Als Inertgas eignet sich insbesondere Stickstoff, Kohlendioxid oder getrocknete Luft.

5 Grundsätzlich sind auch Edelgase geeignet. Das über die Entgasungsöffnung 14 entweichende Inertgas kann gefiltert und gereinigt über die Inertgas-Einlaßöffnung 15 in einem geschlossenen Kreislauf dem Extruder 1 wieder zugeführt werden.

10

Zur Erzeugung eines Unterdrucks in den Längsbohrungen 9 bzw. zur Abführung des Inertgases dient eine Leitung 16, die an der Entgasungsöffnung 14 angeschlossen ist. Erfindungsgemäß ist an der Entgasungsöffnung 14 ein als Förderschnecke ausgebildete Fördervorrichtung 17 vorgesehen, um aufgrund des Unterdrucks bzw. des abströmenden Inertgases über die Entgasungsöffnung 14 entweichende Polykondensat-Flocken in den Extruder 1 zurückzufördern und somit zu verhindern, daß Polykondensat-Flocken aus dem Extruder 1 entweichen können.

20 Die Fördervorrichtung 17 kann auch aus zwei dichtkämmenden, nebeneinander angeordneten Förderschnecken zusammengesetzt sein. Es ist vorteilhaft, wenn die Fördervorrichtung 17 beheizbar ist. Dadurch wird eine Kondensation der entgasenden niedermolekularen Bestandteile, insbesondere des Wasserdampfes, an der Fördervorrichtung 17 und somit eine Rückförderung dieser kondensierten Bestandteile in den Extruder 1 vermieden.

30 Die sich an die erste Förderzone 11 anschließenden Knetelemente 13 haben sowohl distributive als auch disperse Eigenschaften und führen zu einer Aufschmelzung des Polykondensats in einem sehr kurz gehaltenen Aufheizungsbereich. Die Aufschmelzung erfolgt in einer Verfahrenslänge von vorzugsweise 1 L/D bis 2 L/D. 35 Vorzugsweise sind die Knetelemente aus fördernden Knetelementen 13a und rückfördernden Knetelementen 13b zusammengesetzt, um das Verweilzeitspektrum der Polykondensate an den Knetelementen 13 zu erhöhen und somit den Aufschmelzbereich kurz zu halten. Die Polykondensate

werden bereits in der ersten Förderzone 11 durch Beheizen des Gehäuses 2 möglichst nahe auf die Aufschmelztemperatur aufgeheizt, so daß die von den Knetelementen 13 auf die Polykondensate zu übertragende Aufschmelzenthalpie gering 5 ist.

In der sich an die Knetelemente anschließenden zweiten Förderzone 12 wird die Polykondensat-Schmelze in Richtung auf die Auslaßöffnung 8 gefördert. Auch hier verringert sich 10 die Steigung der Schneckenwellen 10 in Richtung auf die Auslaßöffnung 8. Vorzugsweise erfolgt in diesem Bereich eine weitere Entgasung der Polykondensat-Schmelze. Die Entgasung kann auch hier durch eine Verringerung des Arbeitsdrucks oder bzw. zusätzlich durch die Zugabe eines Inertgases, 15 insbesondere von Stickstoff, erfolgen. Vorzugsweise erfolgt die Zugabe des Inertgases in einem kondensierten Zustand, wobei die Polykondensat-Schmelze bei der Zugabe einem erhöhten Druck unterworfen ist. Bei einer nachfolgenden 20 Druckverminderung der Polykondensat-Schmelze gasen das Inertgas sowie die unerwünschten niedermolekularen Bestandteile aus der Polykondensat-Schmelze aus und können über eine weitere Entgasungsöffnung 18 austreten.

Es ist vorteilhaft, das Polykondensat in dem Vorratsbehälter 25 4 bereits einer Inertgas-Atmosphäre und/oder einem verminderten Druck auszusetzen sowie einer erhöhten Temperatur zu unterwerfen, um die Effektivität des Verfahrens zu steigern und die Aufwärmzeit in der ersten Förderzone 11 zu verringern.

30 Die Knetelemente befinden sich vorzugsweise am Ende eines Teilgehäuses 2f. Dies hat den Vorteil, daß die Schmelzzone am Ende des Teilgehäuses 2f liegt, so daß die Weiterverarbeitung in dem sich daran anschließenden 35 Teilgehäuse 2g optimal konfiguriert werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist auch für eine reaktive Extrusion nach dem Reaktionsprinzip der Polyaddition mit Hilfe von Additiven und/oder Polykondensation geeignet.

Dabei werden die Additive bei der Aufschmelzung durch die Knetelemente 13 gleichzeitig optimal gemischt. Eine gegebenenfalls nötige Erhöhung des Verweilzeitspektrums wird vorzugsweise durch Zahnelemente realisiert. Auch die 5 Einarbeitung von Zuschlagsstoffen, insbesondere von Glas oder Pigmenten, ist möglich. Diese Stoffe werden vorzugsweise kurz nach der Aufschmelzung eindosiert und mit schmalen Knetelementen unmittelbar nach der Aufschmelzung eingearbeitet.

10

Fig. 2 zeigt ein gegenüber Fig. 1 modifiziertes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Extruders 1. Bereits anhand von Fig. 1 beschriebene Elemente sind mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen, so daß sich 15 insoweit eine wiederholende Beschreibung erübrigt.

Der Unterschied des in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiels gegenüber dem anhand von Fig. 1 bereits beschriebenen Ausführungsbeispiel besteht darin, daß das 20 Polykondensat im festen Zustand von dem Vorratsbehälter 4 über eine als Förderschnecke bzw. als zwei dichtkämmende Förderschnecken ausgebildete Födervorrichtung 20 der Einlaßöffnung 3 des Extruders 1 zugeführt wird. Über den Stutzen 21 kann gleichzeitig das Inertgas zugeführt werden, 25 wobei das in dem Vorratsbehälter 4 bevorratete Polykondensat bereits vor der Zuführung in den Extruder unter einer Inertgas-Atmosphäre gehalten wird.

Umgekehrt ist es auch möglich, das Inertgas über den Stutzen 30 21 und den Vorratsbehälter 4 abzuführen, wobei dann die Födervorrichtung 20 gegen die Strömungsrichtung des Inertgases fördert. Die Födervorrichtung 17 und die Entgasungsöffnung 14 können dann auch entfallen. Gleiches gilt, wenn nicht mit einem Inertgas gespült wird, sondern 35 der Extruder 1 in dem ersten Förderbereich 11 auf einem Unterdruck gehalten wird. Der dafür notwendige Vakuumanschluß kann unmittelbar an dem Vorratsbehälter 4 vorgesehen sein, wobei das Polykondensat in den Vorratsbehälter 4 über eine geeignete Vakuumschleuse

eingeschleust wird. Auch hier kann die Einlaßöffnung 3 gleichzeitig als Entgasungsöffnung dienen und die Fördervorrichtung 17 kann entfallen. Wenn die Inertgas-Einlaßöffnung 15 in der Nähe der Knetelemente 13 angeordnet ist, hat dies den Vorteil, daß die Strömungsrichtung in dem Extruder 1 entgegen der Förderrichtung verläuft und deshalb die Spülung besonders effektiv ist.

Die Fig. 3 und 4 zeigen einen vollkommen anders konfigurierten Extruder 1, der ebenfalls zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. Dabei zeigt Fig. 3 einen Querschnitt durch den Extruder 1 und Fig. 4 einen halben Längsschnitt bis zur Mittelachse 30. Bereits beschriebene Elemente sind mit übereinstimmenden Bezugszeichen bezeichnet.

Im Gegensatz zu den in Fig. 1 und 2 dargestellten Zweiwellen-Extrudern handelt es sich bei dem in den Fig. 3 und 4 dargestellten Extruder 1 um einen Mehrwellen-Extruder, bei welchem mehrere, im Ausführungsbeispiel zwölf, Schneckenwellen 10a - 10l ringförmig zwischen einem Innengehäuse 31 und einem Außengehäuse 32 angeordnet sind. Die Schneckenwellen 10a - 10l sind auch bei dem in den Fig. 3 und 4 dargestellten Mehrwellen-Extruder dichtkämmend ausgebildet, so daß die ringförmig angeordneten Schneckenwellen 10a - 10l einen zwischen dem Innengehäuse 31 und den Schneckenwellen 10a - 10l ausgebildeten Innenraum 33 von einem zwischen dem Außengehäuse 32 und den Schneckenwellen 10a - 10l gebildeten Außenraum 34 trennen. In einem noch näher zu beschreibenden Teilbereich der ersten Förderzone 11 des Extruders 1, in welcher das Polykondensat im festen Zustand gefördert wird, befindet sich das Polykondensat in dem Innenraum 33, was in der Zeichnung durch eine Kreuzschraffur angedeutet ist. Der Außenraum 34 hingegen ist im Ausführungsbeispiel mit mehreren Entgasungsöffnungen 14 verbunden, über welche ausdampfende niedermolekulare Bestandteile des aufzubereitenden Polykondensats entweichen können.

In der ersten Förderzone 11, in welcher das Polykondensat im festen Zustand vorliegt, wird das Gehäuse 2, besonders das Innengehäuse 31, beheizt, um das Polykondensat möglichst bis kurz unterhalb des Schmelzpunktes aufzuheizen und so eine effektive Ausgasung der niedermolekularen Bestandteile zu bewirken. Zusätzlich wird entsprechend dem bereits beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren über die Entgasungsöffnungen 14 entweder ein Unterdruck in dem Extruder 1 erzeugt und/oder es wird ein Inertgas, insbesondere Stickstoff, zu Spülzwecken zugesetzt. Das Inertgas kann dabei über nicht dargestellte Inertgas-Einlaßöffnungen in den Innenraum 33, in dem sich das Polykondensat befindet, eintreten, zwischen den dichtkämmenden Schneckenwellen 10a - 10l hindurchtreten und über die Entgasungsöffnungen 14 entweichen, was durch entsprechende Pfeile veranschaulicht ist.

Wesentlich ist, daß bei dieser Konfiguration Förderelemente an den Entgasungsöffnungen 14 nicht notwendig sind, weil das Polykondensat bereits über die dichtkämmenden Schneckenwellen 10a - 10l an einem Austritt aus den Entgasungsöffnungen 14 gehindert ist.

Die Konfiguration der Schneckenwellen 10a - 10l wird aus dem in Fig. 4 dargestellten Halb-Längsschnitt besser ersichtlich. Dargestellt ist eine Schneckenwelle 10a in der zugehörigen Längsbohrung 9, die zwischen dem Innengehäuse 31 und dem Außengehäuse 32 ausgebildet ist. Dabei sind der zwischen der Schneckenwelle 10a und dem Innengehäuse 31 gebildete Innenraum 33 und der zwischen der Schneckenwelle 10a und dem Außengehäuse 32 gebildete Außenraum 34 ebenfalls erkennbar. Das zu verarbeitende Polykondensat wird dem Extruder 1 über eine oder mehrere Einlaßöffnungen 3 im festen Zustand, beispielsweise in Form von Flocken (Flakes), zugeführt. Die Schneckenwellen 10a - 10l gliedern sich grob in eine erste Förderzone 11, in welcher das Polykondensat im festen Zustand gefördert wird, und eine zweite Förderzone 12, in welcher die Polykondensat-Schmelze gefördert wird. Zwischen der ersten Förderzone 11 und der zweiten Förderzone

12 befinden sich Knetelemente 13 zum Aufschmelzen des Polykondensats.

Die erste Förderzone 11 ist in eine Einzugszone 35 und in
5 eine Entgasungszone 36 unterteilt. In der Einzugszone 35 wird das Polykondensat eingezogen, wobei sich das Polykondensat im wesentlichen gleichmäßig in dem Innenraum 33 und dem Außenraum 34 verteilt. Am Ende der Einzugszone 35 befindet sich eine erste Sperre bestehend aus einem nach 10 einem Distanzring 37 angeordneten rückförderndem Abschnitt 38. An dem Innengehäuse 31, nicht jedoch an dem Außengehäuse 32, ist eine Nut 39 vorgesehen, die über den rückfördernden Bereich 38 hinweggreicht. Das Polykondensat kann deshalb nur im Bereich des Innenraums 33 von der Einzugszone 35 in die 15 Entgasungszone 36 übertreten, so daß sichergestellt ist, daß sich das Polykondensat in der Entgasungszone 36 praktisch ausschließlich in dem Innenraum 33 befindet. Das Gehäuse 2 ist im Bereich der ersten Zone 11 beheizt, so daß das Polykondensat bis kurz unterhalb der Schmelztemperatur 20 aufgeheizt wird. Gleichzeitig wird ein Unterdruck erzeugt und/oder es wird mit einem Inertgas gespült. Auf diese Weise wird eine wirkungsvolle Entgasung erreicht. Am Ende der Entgasungszone 36 befinden sich Knetelemente 13, die 25 distributive und disperse Eigenschaften haben. Das Polykondensat wird in diesem Bereich sehr schnell aufgeschmolzen und liegt nachfolgend als Schmelze vor.

Durch eine aus einem nach einem Distanzring 40 angeordneten rückfördernden Abschnitt 41 bestehende zweite Sperre wird in 30 Verbindung mit einer an dem Innengehäuse 31 vorgesehenen Nut 42 gewährleistet, daß sich die Polykondensat-Schmelze bevorzugt in dem Innenraum 33 befindet. In dem Außenraum 34 mündet eine zweite Entgasungsöffnung 43, die eine zusätzliche Entgasung der Polykondensat-Schmelze ermöglicht. 35 Die Schmelze verteilt sich relativ gleichmäßig an der Oberfläche der Schneckenwellen 10a - 10l, wobei durch die dichtkämmenden Schneckenwellen 10a - 10l ein stetiges neues Ausstreichen der Schmelzen erfolgt, wodurch ständig neue Oberflächen erzeugt werden. Dadurch wird der

Entgasungsvorgang wesentlich beschleunigt. Der Entgasungsvorgang kann begünstigt werden, indem an der Entgasungsöffnung 43 ein Unterdruck angelegt wird, um den Dampfdruck der niedermolekularen Bestandteile, insbesondere des Wasseranteils, zu verringern.

In Fig. 5 ist eine Variation des in den Fig. 3 und 4 dargestellten Ausführungsbeispiels dargestellt. Dabei zeigt Fig. 5, ähnlich wie Fig. 4, einen Halb-Längsschnitt durch 10 einen als Mehrwellen-Extruder ausgebildeten Extruder 1.

Der Unterschied zu dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel besteht darin, daß über eine Inertgas-Einlaßöffnung 44 der Polykondensat-Schmelze ein Inertgas in vorzugsweise kondensierter Form zugesetzt wird. Sowohl das Inertgas als auch die unerwünschten niedermolekularen Bestandteile des aufzubereitenden Polykondensats, insbesondere der noch verbliebene Wasseranteil, verlassen 20 den Extruder 1 über die Entgasungsöffnung 43. Es kann günstiger sein, das Inertgas über die Öffnung 43 zuzuführen und über die Öffnung 44 abzulassen.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere kann der in 25 Fig. 3 bis 5 dargestellte Mehrwellen-Extruder auch so konfiguriert werden, daß in der Entgasungszone 36 sich das Polykondensat in dem Außenraum 34 befindet und die Entgasungsöffnungen 14 mit dem Innenraum 33 verbunden sind. Dazu ist die Nut 39 nicht an dem Innengehäuse 31, sondern an 30 dem Außengehäuse 32 auszubilden.

Ansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung eines thermoplastischen Polykondensats mit folgenden Verfahrensschritten:
 - 5 - Einbringen des Polykondensats in einen Extruder (1) in einem festen Zustand,
 - Erwärmen des Polykondensats auf eine Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes und Entgasen und/oder Trocknen des Polykondensats,
 - 10 - Schmelzen des Polykondensats,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Entgasen und/oder Trocknen des Polykondensats im festen Zustand bei einem Druck unterhalb des atmosphärischen Drucks und/oder unter Zugabe eines Inertgases erfolgt.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß es sich bei dem thermoplastischen Polykondensat um Polyester, insbesondere Polyethylentherephthalat, oder
20 Polyamid handelt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Polykondensat in den Extruder (1) in Form von Flocken eingebracht wird, deren Dicke im Mittel kleiner als 1 mm und deren größte Ausdehnung im Mittel kleiner als 20 mm ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
30 **dadurch gekennzeichnet,**
daß das Polykondensat im festen Zustand mit dem Inertgas gespült wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
35 **dadurch gekennzeichnet,**
daß das Polykondensat bereits vor dem Einbringen in den Extruder (1) einem Druck unterhalb des atmosphärischen Drucks und/oder dem Inertgas ausgesetzt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Polykondensat bereits vor dem Einbringen in den
Extruder (1) auf eine Temperatur unterhalb der
5 Schmelztemperatur des Polykondensats erwärmt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Inertgas bei einer Temperatur von 60 °C bis 250 °C,
10 vorzugsweise 100°C bis 160°C, zugegeben sind.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß nach dem Schmelzen des Polykondensats eine weitere
15 Entgasung der Polykondensat-Schmelze erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Entgasung der Polykondensat-Schmelze unter
20 vorhergehender Zugabe eines Inertgases erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Inertgas in einem kondensierten Zustand der
25 Polykondensat-Schmelze unter einem erhöhten Druck zugesetzt
wird und nachfolgend der Druck der Polykondensat-Schmelze
abgesenkt wird, so daß das Inertgas aus der Polykondensat-
Schmelze entweicht.
- 30 11. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß es sich bei dem Inertgas um Stickstoff, getrocknete
Luft, Kohlendioxid oder ein Edelgas handelt.
- 35 12. Extruder (1) zur Aufbereitung eines thermoplastischen
Polykondensats mit
einer Einlaßöffnung (3) zur Einbringung des aufzubereitenden
Polykondensats im festen Zustand,

- einer Auslaßöffnung (8) zur Abgabe des aufbereiteten Polykondensats im geschmolzenen Zustand,
zwei in einem Gehäuse (2) angeordneten, dichtkämmenden Schneckenwellen (10), die sich von der Einlaßöffnung (3) in
5 Richtung auf eine Auslaßöffnung (8) erstrecken und die zumindest eine erste Förderzone (11) zum Fördern des Polykondensats im festen Zustand, eine zweite Förderzone (12) zum Fördern des Polykondensats im geschmolzenen Zustand sowie zwischen der ersten Förderzone (11) und der zweiten
10 Förderzone (12) angeordnete Knetelemente (13) zum Aufschmelzen des Polykondensats aufweisen, und zumindest eine im Bereich der ersten Förderzone (11) in dem Gehäuse (2) vorgesehene Entgasungsöffnung (14), dadurch gekennzeichnet,
- 15 daß an der Entgasungsöffnung (14) eine Fördervorrichtung (17) vorgesehen ist, um über die Entgasungsöffnung (14) entweichendes Polykondensat in den Extruder (1) zurück zu fördern.
- 20 13. Extruder nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Fördervorrichtung (17) zumindest eine Förderschnecke umfaßt.
- 25 14. Extruder nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Fördervorrichtung (17) zwei dichtkämmenden Förderschnecken aufweist.
- 30 15. Extruder nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Fördervorrichtung (17) und/oder das die Fördervorrichtung (17) umgebende Gehäuse beheizbar ist.
- 35 16. Extruder nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß an der Einlaßöffnung (3) eine Fördervorrichtung (20) vorgesehen ist, um das Polykondensat dosiert in den Extruder (1) einzubringen.

17. Extruder nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Einlaßöffnung (3) gleichzeitig als Entgasungsöffnung
5 (14) dient.
18. Extruder (1) zur Aufbereitung eines thermoplastischen
Polykondensats mit
einer Einlaßöffnung (3) zur Einbringung des aufzubereitenden
10 Polykondensats im festen Zustand,
einer Auslaßöffnung (8) zur Abgabe des aufbereiteten
Polykondensats im geschmolzenen Zustand,
mehreren in einem Gehäuse (2) angeordneten, dichtkämmenden
15 Schneckenwellen (10a - 10l), die sich von der Einlaßöffnung
(3) in Richtung auf eine Auslaßöffnung (8) erstrecken und
die zumindest eine erste Förderzone (11) zum Fördern des
Polykondensats im festen Zustand, eine zweite Förderzone
(12) zum Fördern des Polykondensats im geschmolzenen Zustand
20 sowie zwischen der ersten Förderzone (11) und der zweiten
Förderzone (12) angeordnete Knetelemente (13) zum
Aufschmelzen des Polykondensats aufweisen, und
zumindest eine im Bereich der ersten Förderzone (11) in dem
Gehäuse (2) vorgesehene Entgasungsöffnung (14),
dadurch gekennzeichnet,
- 25 daß das Gehäuse (2) in ein Innengehäuse (31) und ein
Außengehäuse (32) gegliedert ist und die Schneckenwellen
(10a - 10l) zwischen dem Innengehäuse (31) und dem
Außengehäuse (32) ringförmig angeordnet sind, wobei die
Schneckenwellen (10a - 10l) einen zwischen dem Außengehäuse
30 (32) und den Schneckenwellen (10a - 10l) gebildeten
Außenraum (34) von einem zwischen dem Innengehäuse (31) und
den Schneckenwellen (10a - 10l) gebildeten Innenraum (33)
trennen, und
daß sich im Bereich der ersten Förderzone (11) das
35 Polykondensat entweder in dem Innenraum (33) befindet und
die Entgasungsöffnung (14) mit dem Außenraum (34) verbunden
ist oder sich das Polykondensat in dem Außenraum (34)
befindet und die Entgasungsöffnung (14) mit dem Innenraum
(33) verbunden ist.

19. Extruder nach einem der Ansprüche 12 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Entgasungsöffnung (14) mit einem Unterdruck
5 beaufschlagt ist und/oder über die Entgasungsöffnung (14)
ein Spülzwecken dienendes Inertgas abgeführt wird.
20. Extruder nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß das Gehäuse (2) im Bereich der ersten Förderzone (11)
zumindest eine Öffnung (15, 44) zur Zufuhr des Inertgases
aufweist.
21. Extruder nach einem der Ansprüche 12 bis 20,
dadurch gekennzeichnet,
15 daß das Gehäuse (2) im Bereich der ersten Förderzone (11)
beheizbar ist.
22. Extruder nach einem der Ansprüche 12 bis 21,
20 dadurch gekennzeichnet,
daß die Knetelemente (13) eine Gesamtlänge L haben, wobei
daß die Verhältnis L/D der Gesamtlänge L der Knetelemente (13)
zu dem Druckmesser D der Schneckenwellen (10; 10a - 101)
zwischen 1 und 2 liegt.

Zusammenfassung

Ein Verfahren zur Aufbereitung eines thermoplastischen Polykondensats umfaßt folgende Verfahrensschritte:

5 Einbringen des Polykondensats in einen Extruder (1) in einem festen Zustand, Erwärmen des Polykondensats auf eine Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes, Entgasen und/oder Trocknen des Polykondensats und anschließendes Schmelzen des Polykondensats. Erfindungsgemäß erfolgt das Entgasen

10 und/oder Trocknen des Polykondensats im festen Zustand bei einem Druck unterhalb des atmosphärischen Drucks und/oder es wird ein Inertgas zugesetzt.

(Fig. 1)

1/4

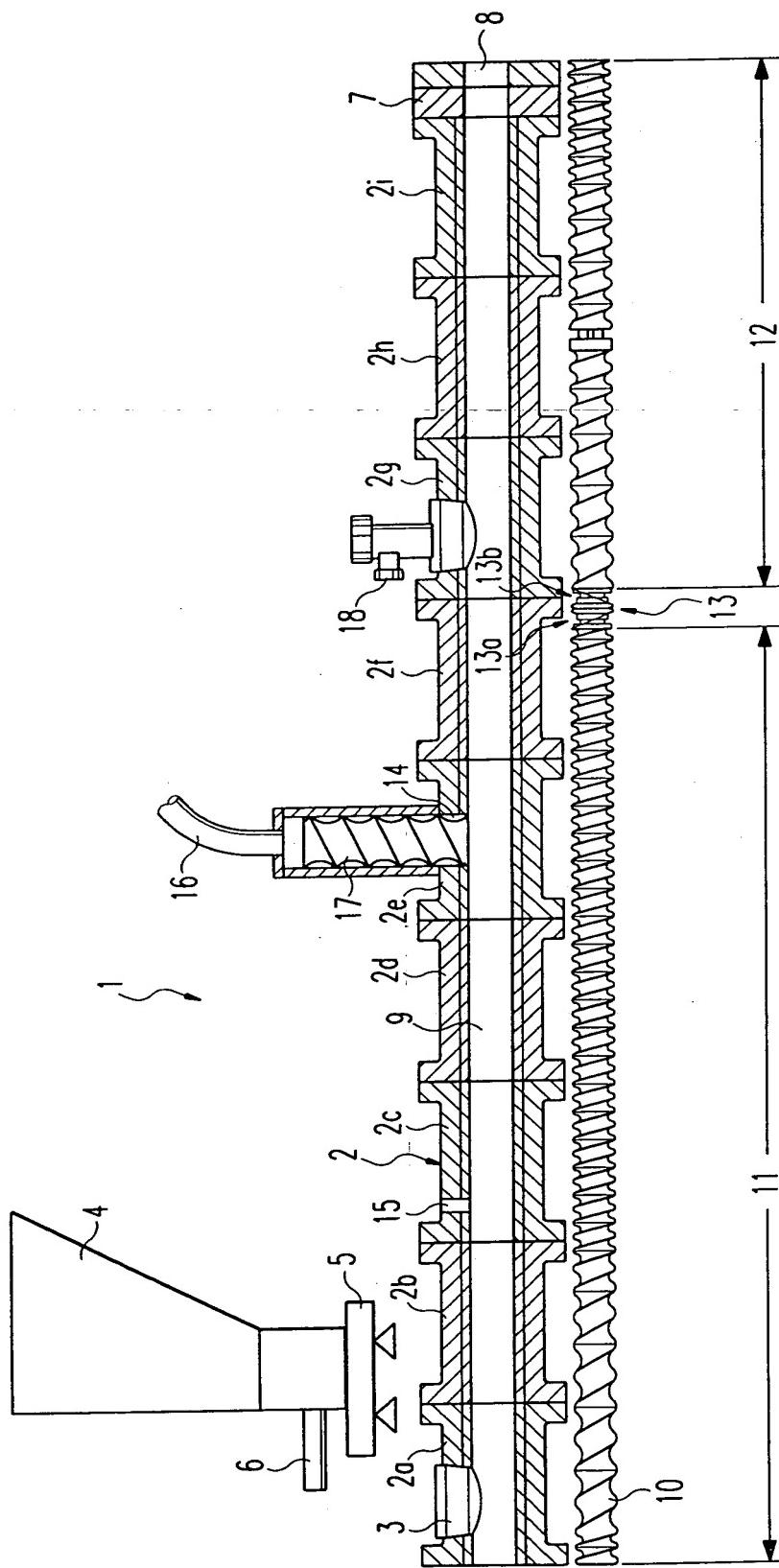


Fig. 1

2/4

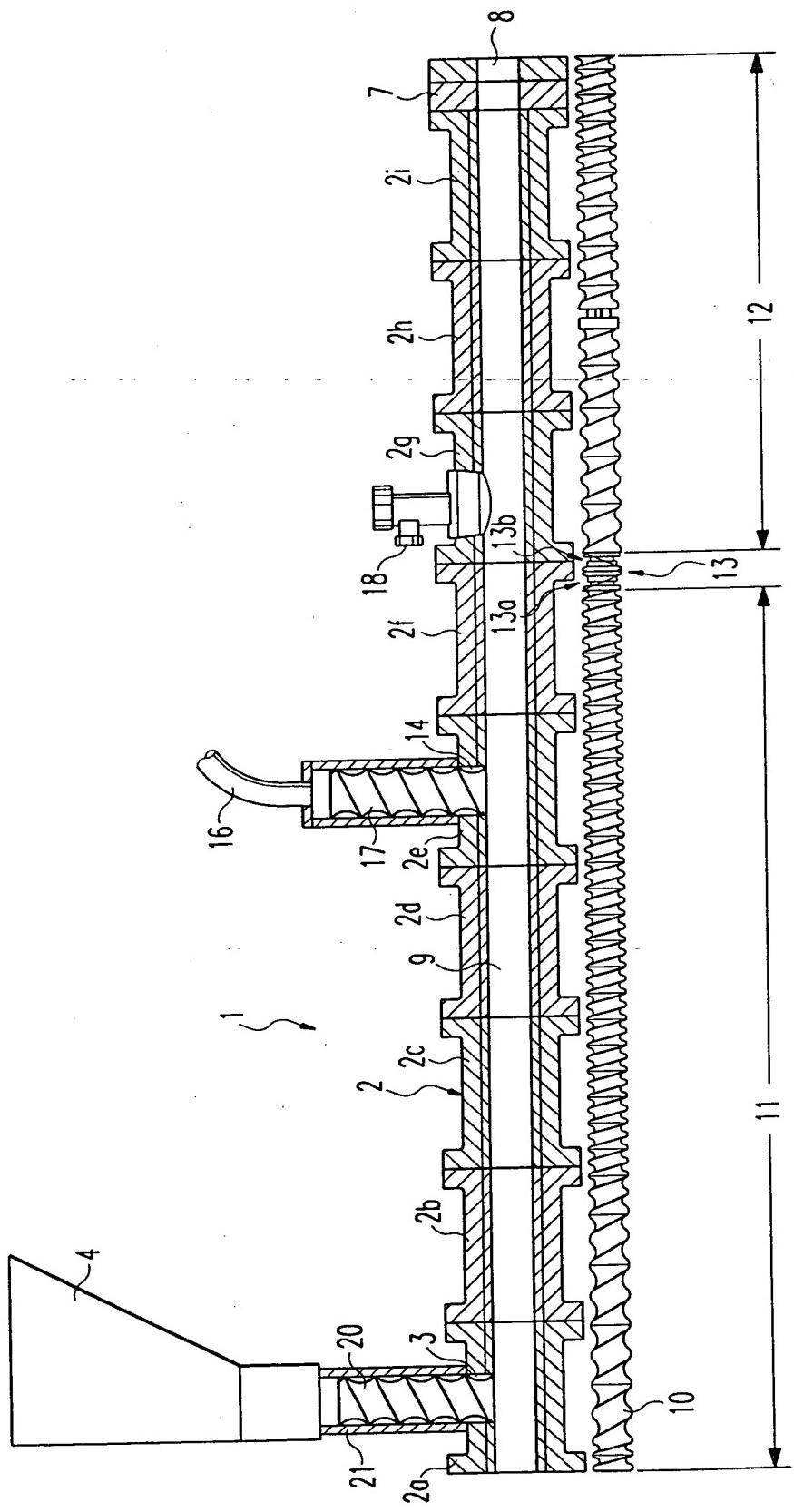


Fig. 2

3/4

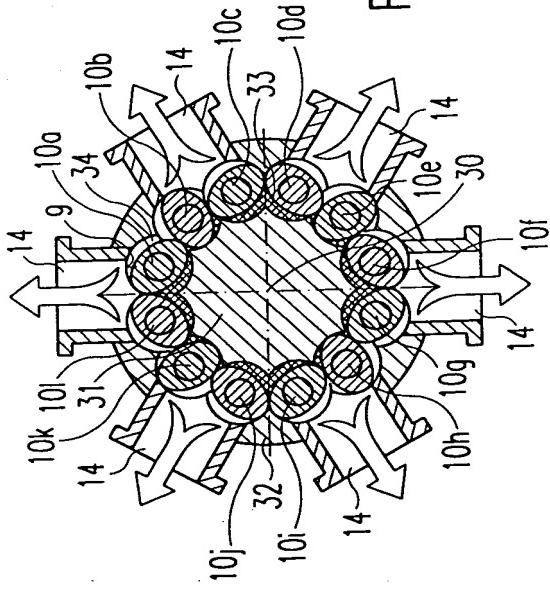
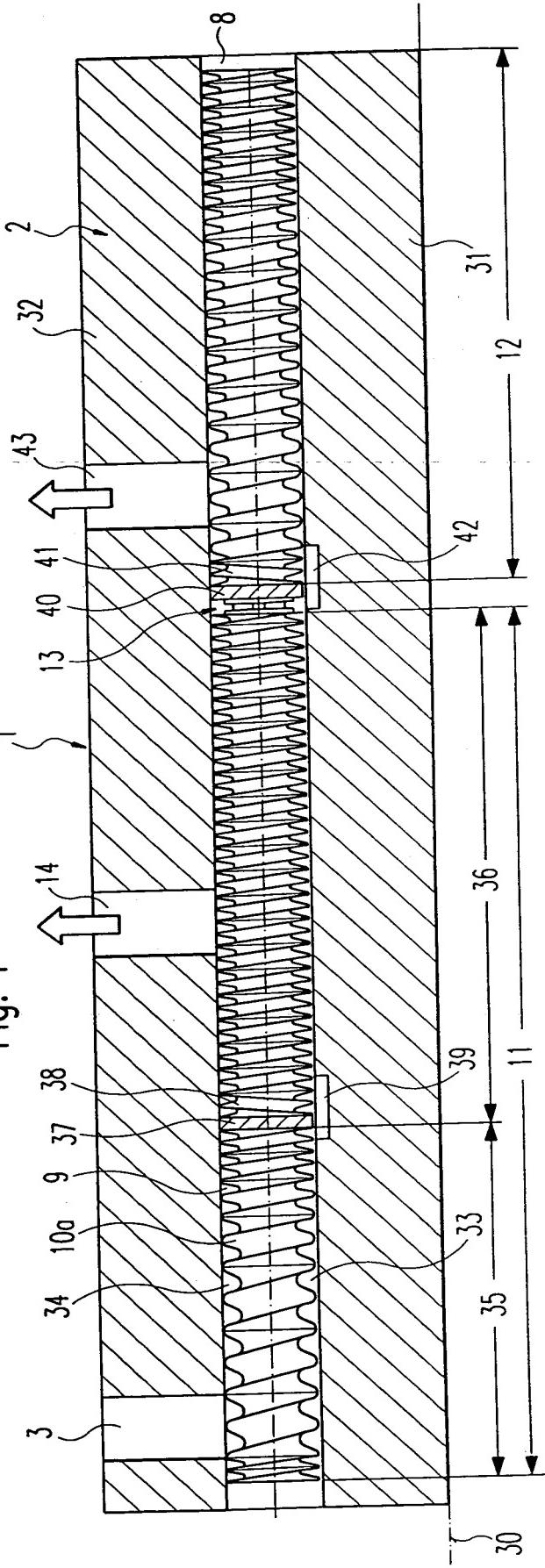


Fig. 4



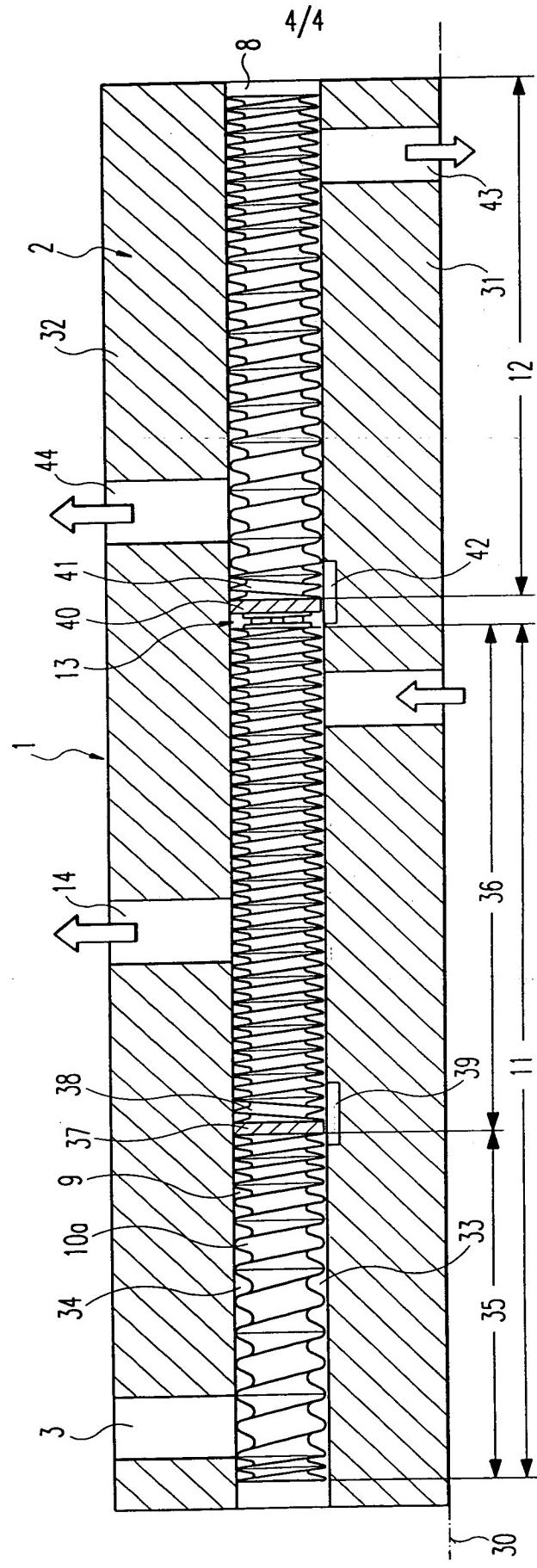


Fig. 5